農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施
研討會論文專輯 357-367, 1996

茶園間植田菁之微氣候對茶葉化學成分及品質之影響

巫 嘉 昌
臺灣省茶業改良場

內 容

摘要……358
英文摘要……358
前言……359
材料與方法……359
結果與討論……359
誌謝……366
引用文獻……366

茶園間植田菁之微氣候對茶葉化學成分及品質之影響

巫　嘉　昌
臺灣省茶業改良場

摘　要

於 1995 年春茶採收後，在南投縣鹿谷茶區青心烏龍茶園間植田菁(*Sesbania roxburghii* Merr.)綠肥作物，探討茶園間植田菁之微氣候對茶葉化學成分及品質之影響。試驗結果顯示，茶園間植田菁綠肥作物期間，會改變茶園微氣候，隨著田菁處理高度增加，日照強度、葉片溫度及土壤溫度有逐漸下降趨勢。夏及秋茶之茶葉化學成分葉綠素和胺基酸含量有增加趨勢，總多元酚類則有下降現象，而咖啡因含量則變化不一致。製茶品質之香氣滋味有改善現象，以夏茶表現較明顯。

關鍵詞：田菁，茶園，微氣象，化學成分，品質

Effects of Intercropping with *Sesbania* in Tea Field on the Microclimate , Chemical Components and Quality of Tea

Chia-Chang Wu (Taiwan Tea Experiment station, Lu-Ko, Nanton Hsein, Taiwan, ROC.)

ABSTRACT: Field experiments were conducted at Lu-Ko area of Nanton Hsein Taiwan, with tea *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz cv. Ching-Shing Oolong as a testing variety. Nine years old tea plants were intercropped with *Sesbania roxburghii* Merr. as green manure crop when spring tea was over in 1995. The objectives of this research were to study the effect of intercropping *Sesbania roxburghii* Merr. with different height treatments in tea field on the microclimate, chemical components and quality of tea. Tea plants intercropped with *Sesbania roxburghii* Merr. apparently modified the microclimate in tea garden. The photosynthetic photon flux density (PPFD), leaf temperature and soil temperature were significantly decreased. The high stem characteristic of *Sesbania roxburghii* Merr. could ameliorate the microclimate and increased contents of chlorophyll, amino acid, whereas decreased total polyphenol content in tea leaves. No significant effects on soluble sugar and caffeine contents were found. Tea quality evaluation demonstrated that the summer tea quality of aroma and taste were remarkably improved.

Key words: *Sesbania roxburghii* Merr., tea field, microclimate, chemical components, tea quality

前　言

茶園中實施有機耕作法在世界上許多生產茶業國家已逐漸施行，以有機耕作法生產茶葉可提高市場銷售價格，而且在公元二〇一〇年有機茶葉消費總量將可達 10 % 左右(Grill, 1992)。本省為使茶園永續經營與利用，亦已逐漸採行有機耕作法。豆科綠肥作物之栽培與利用是實施有機農業重要項目之一 (Liebhardt and Harwood, 1985)。而在茶園中間植綠肥作物亦受到農民重視，以生產凍頂茶聞名全省之鹿谷茶區為例，目前栽培面積已超 300 公頃，而且有逐漸增加趨勢(巫, 1996)。關於台灣地區對於茶園綠肥作物研究，吳 (1957) 及林與巫 (1993) 曾在北部及中部茶區進行進行綠肥作物篩選試驗，但並未進一步探討在茶園中間植不同綠肥作物對茶園及茶樹所產生之影響。(巫, 1995)及巫和朱(1995, 1996abc)則就茶園間植綠肥作物對茶園微氣象變化、雜草抑制情況、土壤肥力變化、茶樹芽葉生育和產量、茶葉化學成分及製茶品質情形，有完整之試驗研究報告。根據前面之研究結果亦發現於中部手採茶區夏、秋季適合種植田菁綠肥作物。然而在茶園中間植田菁以後，茶園作物相改變對茶園之微氣候及茶葉化學成分及品質是否有影響，則有必要進一步試驗研究。本報告之目的即在探討茶園間植田菁之微氣候對茶葉化學成分及品質之影響，期望能提供茶農茶園耕作管理之參考。

材料與方法

1. 試驗設計與處理

1995 年春茶採收後在南投縣鹿谷茶區青心烏龍茶園間植田菁綠肥作物，其生長高度分別控制 100、150 及 200 公分，綠肥種子播種量每公頃為 30 公斤，另設置對照區即不種植田菁綠肥作物。試驗設計採完全逢機區集設計，4 處理、2 重複，每處理區茶樹 30 株，每區長度 16 公尺。

2. 調查與分析方法

(1) 茶園微氣候調查

在試驗期間自 1995 年 7 月 21 日至 1995 年 8 月 27 日，每天早上從8 時至下午 5 時每間隔 1 小時分別利用照度計(Luxmeter, Delta HD8366)、葉溫計(Leaf thermometer)及地溫計(Soil thermometer)測定茶樹之樹冠日照強度及葉片溫度與土壤溫度，每處理測定 2 次，並將所測定期間內相同時段之數值平均。

(2) 茶樹芽葉化學成分分析

夏、秋茶採收前，採取各處理區之新鮮第二葉，以測定胺基酸、葉綠素及可溶性醣類含量(Arnon, 1949； Moore and Stein, 1948； Yoshids et al., 1972)。另將採摘新鮮之一心二葉茶芽置於 90℃ 烘箱內烘 24 小時後，經磨粉後測定可溶分，總多元酚及咖啡因含量(Iwasa, 1975； 蔡和阮, 1987)，詳細測定方法請參照巫和朱(1995)之研究報告。

(3) 製茶品質及官能鑑定

採摘各處理區之新鮮芽葉經日光萎凋、室內靜置及攪拌、揉捻及乾燥後製作成包種茶，製成之茶樣依現行臺灣省茶業改良場官能評審方法(吳, 1973) 。

結果與討論

1. 茶園間植田菁對茶園微氣象變化情形

(1) 對茶樹樹冠日照強度變化之影響

日照強度會影響茶樹之生育，日照強度易受到季節、緯度、海拔高度、大氣之清濁、水蒸氣量、臭氧層厚度、光之入射角度、植物之相互遮光等因素影響 (Sakai, 1987； Squire, 1977)。日照強度不僅對茶樹光合作用和茶葉的產量形成有密切關係，而且對茶葉品質也有影響。於強光照下會抑制茶芽伸長、細胞壁變厚、促使莖葉纖維硬化，影響製茶品質(馮和徐, 1987)。此外光照強度過強，超過光飽合點時，茶樹光合效率下降，物質代謝也受到影響(陶, 1991)。而在過度遮蔭情況下，由於缺乏能

量供應，因此無法固定CO_2，導致光合成產物降低，影響茶樹生產力。

測定各處理區之茶樹樹冠日照强度變化情形，發現在茶園間植田菁對茶樹之樹冠日照强度有影響(圖 1a)，田菁不同高度處理區與對照區比較茶樹之樹冠日照强度有下降現象，其中以田菁 150、200 公分處理區之茶樹樹冠日照强度下降幅度極顯著。由上述結果發現在本省之夏、秋茶生育期間，日照强度較强狀況下，利用田菁供爲植巷遮蔭，能有效降低茶樹樹冠之日照强度，是可採行，但是否有利於改善茶樹生理代謝作用，則有待進一步探討。

(2)對茶樹葉片溫度變化之影響

大氣中之溫度在田間較葉片溫度容易測得，唯葉片溫度在生理上較有意義(Smith et al., 1993)，然而葉片溫度則容易受到日光直射或互相遮蔭之影響(Othiambo et al., 1988)。試驗發現在茶園中間植田菁以後，會改變茶樹樹冠之日照强度(圖 1a)，進而影響茶樹葉片能量吸收作用，而促使茶樹葉片溫度發生改變(圖 1b)，田間觀察發現隨著田菁植株高度增加，其能攔截較多光照，減少較多幅射能量，故葉片溫度有逐漸下降趨勢，尤其田菁生長高度在 200 公分最爲明顯，與對照區比較葉片溫度最大平均降幅爲 5.20℃，而田菁生長高度在 150 公分之茶樹葉片溫度與對照區比較，葉片溫度最大平均降幅爲 2.28℃，至於田菁生長高度在 100 公分之茶樹葉片溫度，最大平均降幅僅爲 0.66℃，故其對改善葉片溫度較不明顯。故在本省之夏、秋茶生育期間，氣溫較高狀況下，利用田菁供爲植巷遮蔭，能有效降低茶樹之葉片溫度。

(3)對茶園土壤溫度變化之影響

在茶園中間植田菁以後由於日照强度之改變(圖 1a)，進而會影響土壤溫度變化，此與 Fitter and Hay(1977)指出日照强度之改變，會影響空氣溫度、濕度及土壤溫度的改變有類似現象。圖 1c 爲測定茶園土壤溫度變化情形，田菁不同高度處理區之土壤溫度與對照區比較有明顯下降現象。由於在對照區之表土係屬完全裸露狀況，能完全吸收太陽之幅射熱能，故在表土之溫度明顯比種植田菁處理區高，於中午 12 時土壤溫度增加量達最高，約提高 6.42-7.20℃，溫度增加量最少則是在 6 時，約提高 0.48-0.64℃。而在不同田菁生長高度處理中亦發現，地溫之差異變化幅度並不像葉片變化幅度大，可能由於地表皆受到田菁植株遮蔭之影響。地溫變化幅度與田菁生長高度有密切關係，即田菁高度愈高，表土溫度下降愈明顯。在茶園中種植田菁由於其覆蓋性良好，使土壤產生不同之反射率及熱平衡，因此會改變茶園土壤之微氣象。

2.茶園間植田菁對茶葉化學成分之影響

在茶園間植田菁不同高度處理，會改變茶園微氣象(圖 1)。爲進一步瞭解其是否會影響茶葉化學成分含量，分別於夏及秋兩茶季採取芽葉分析化學成分，測定結果如圖 2、3，由圖中顯示在茶園中間植田菁會影響茶葉化學成分含量之變化。

(1)對葉綠素含量之影響

葉綠素存於葉綠体內，其含量受遺傳因子、氣候環境及栽培方法所左右。茶樹葉片顏色常隨著葉片之程熟度而漸次增加，由於綠色程度不同，對於光合作用與製茶品質有密切之關係。在不同栽培環境下，會引起葉色之變化，茶園施用重氮肥會提高鮮葉葉綠素含量(林等, 1991)；在遮蔭狀況下，植物葉片爲了截取較多之光能，葉片會調整單位面積內葉綠素含量(Taiz and Zeiger, 1991)，因此隨著日照强度之降低，葉綠素含量有增加之現象，於本試驗中亦發現有類似之結果(圖 2a)。

在茶園種植田菁可供爲植巷遮蔭材料，攔截部分光線，減少日照强度(圖 1a)，能有效滿足茶樹耐陰之特性，有助於茶芽生長良好，芽葉片嫩性良好，葉色濃綠葉綠素含量提高。田菁 200 公分處理區之茶樹鮮葉中葉綠素總含量與對照區比較有增加趨勢，尤其以秋茶最爲明顯，至於田菁 150 及 100

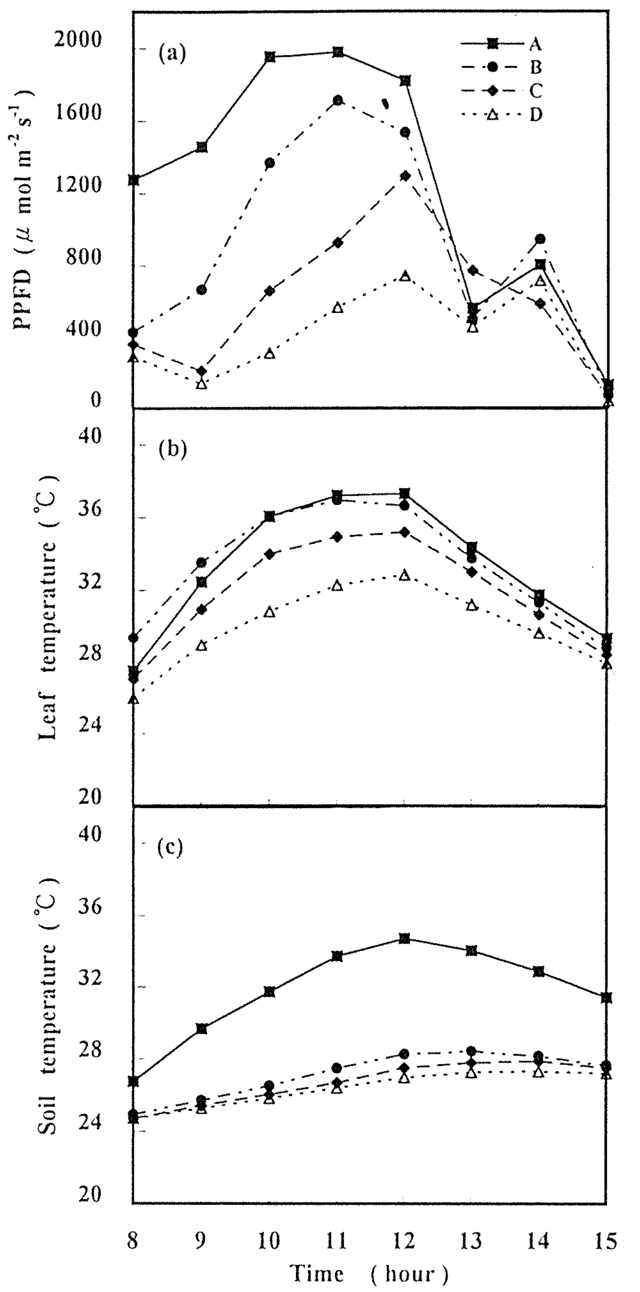

Fig. 1. Variation of climatic elements in tea field with intercropping *Sesbania roxburghii* Merr., cv. Ching-shing Oolong Cultivars. A(--■--): Ck. B(--●--): S. roxburghii 100 cm C(--◆--): *S. roxburghii* 150cm D (--△--): *S. roxburghii* 200cm.

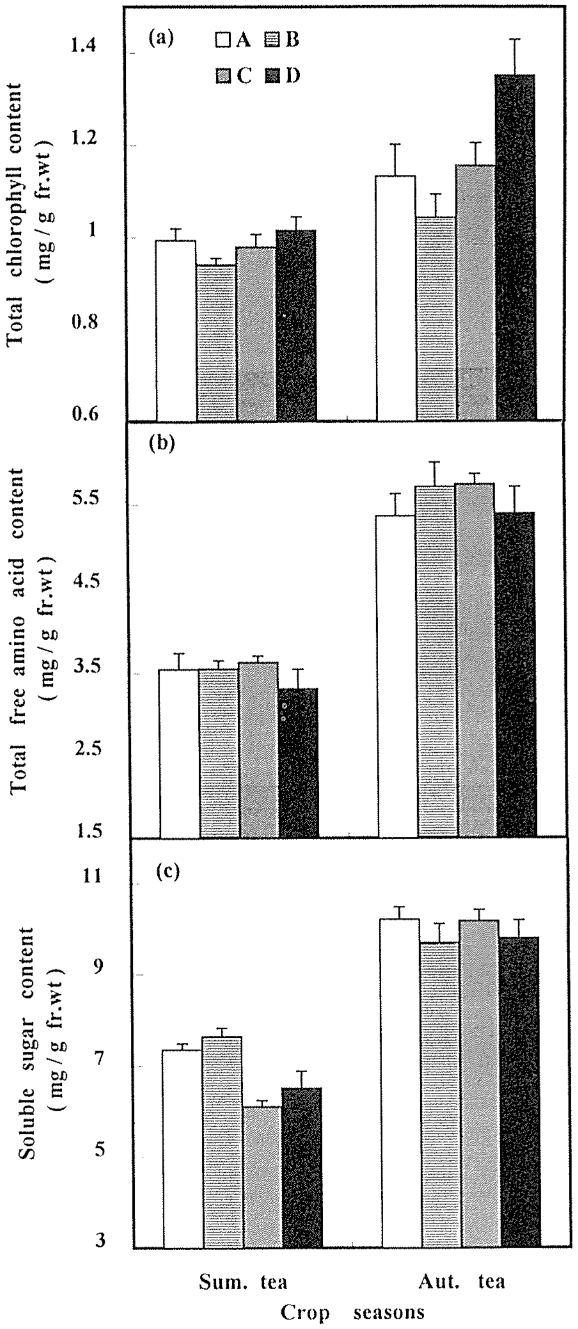

Fig. 2. Effects of intercropping with *Sesbania roxburghii* Merr. on the total chlorophyll, total free amino acid and soluble sugar content of fresh leaves in ching-shing Oolong Cultivars. A(□): Ck. B(▤): *S. roxburghii* 100cm C(▨): *S. roxburghii* 150cm D(■): *S. roxburghii* 200cm. Data are means ± SE of 4 replicates.

公分處理區茶樹鮮葉中葉綠素總含量則增加較不明顯。

(2)對總游離胺基酸含量之影響

茶葉中總游離胺基酸，以茶胺酸含量最多，約佔 50 %以上，在遮蔭環境下，由於光照強度之減弱，有利於茶胺酸之累積作用(Anan and Nakagawa, 1974)，因此有助於提高茶葉中總游離胺基酸含量。Nakagawa and Ishina (1971) 指出在包種茶中胺基酸含量會影響茶湯之甘醇滋味，胺基酸含量愈多滋味愈甘醇，包種茶品質則愈佳。於本試驗中利用田菁植株高莖特性供爲遮蔭材料發現，夏茶田菁 100 公分或 150 公分處理，茶樹鮮葉中總游離胺基酸含量雖然有增加，但並不明顯，而在秋茶則表現較爲顯著(圖 2b)。此與巫和朱(1995, 1996a)報告中指出降低日照强度，有助於提高茶樹鮮葉總游離胺基酸之含量結果相似，因此可見於本省夏、秋季日照較强情況下，利用田菁供爲植巷遮蔭，以提高鮮葉中總游離胺基酸含量是可行。從不同茶季分析茶樹鮮葉中總游離胺基酸含量亦發現田菁植株 200 公分處理，茶樹鮮葉中總游離胺基酸含量並無增加趨勢，是否因田菁植株過高，欄截入射光線較多，造成遮蔭過密，不利於茶樹葉片中茶胺酸累積作用，而導致總游離胺基酸含量沒有提高現象，此有待進一步研究。

(3)對可溶性糖含量變化之影響

糖類不僅在茶樹之代謝作用中扮演重要角色，而且會影響茶葉品質。茶葉中總糖含量高達 10～30 %，其中可溶於水只有 4～5 %，而可溶性糖是茶湯中的甜醇主要物質(嚴和王, 1993)。可溶性糖會隨葉的粗老而增加，於生長期間內轉化爲多元酚類。可溶性糖在製茶過程中是處於動態變化，可由多糖分解而增加，亦可由自身氧化或轉化而減少。此外可溶性糖與胺基酸、多元酚類化合物相互作用，參與茶葉香氣物質的形成，使茶葉具有花香、蜜糖香、焦糖香等香氣。因此可溶性糖的存在與轉換作用，對茶葉的香氣、滋味及茶湯水色有影響。

從圖 2c 顯示，各處理區之茶樹鮮葉中可溶性糖含量變化趨勢頗不一致。除了在夏茶田菁 100 公分處理區之茶樹鮮葉中可溶性糖含量有增加現象，其餘則均較對照區低。在秋茶茶樹鮮葉中可溶性糖含量各處理區差異不大。由此可知在茶園中間植田菁不同高度處理，對茶樹鮮葉中可溶性糖類影響並不大。

(4)對總多元酚含量變化之影響

酚類化合物是造成綠茶中之苦味主要成分(Nakagawa and Ishima, 1974)，而在日照强度較强情況下，茶樹体內碳素代謝較高，而氮素代謝較低，造成總多元酚類物質較高不利製茶品質。巫和朱(1995)及 Tao and Wang (1989)，分別證實利用遮蔭處理可降低茶葉中多元酚類之含量。本試驗中田菁不同高度處理區之茶樹芽葉中總多元酚含量與對照區比較在夏、秋季皆有下降趨勢(圖 3a)，尤其在夏茶最爲明顯，此外亦發現隨著田菁植株高度增加，日照强度逐漸減弱，茶樹芽葉中總多元酚類含量有隨之減少情形，由此可見田菁確實具有植巷遮蔭作用，在改善夏、秋季茶樹葉片中總多元酚類含量較高情形，是可採行。

(5)對咖啡因含量之影響

在不同茶樹品種經遮蔭處理後，茶葉中咖啡因含量之差異很大 (陳, 1985)，而巫和朱(1995)報告中指日照强度減少對青心烏龍茶樹之茶葉中咖啡因含量變化並不明顯。

本試驗於夏及秋兩茶季分別採取茶芽分析咖啡因含量，發現田菁不同高度處理在兩個採摘茶季中咖啡因含量變化並不一致，在秋茶雖然田菁綠肥區茶芽中咖啡因含量有比對照區較低現象，但是在夏茶則無(圖 3b)。

(6)對可溶分含量變化影響

茶湯中滋味濃淡與可溶分含量多寡有關(嚴, 1993)，可溶性物質含量越高，即水浸出物多，基本上茶葉中水浸出物多寡和組成分可決定茶葉利用價值。分析夏及秋

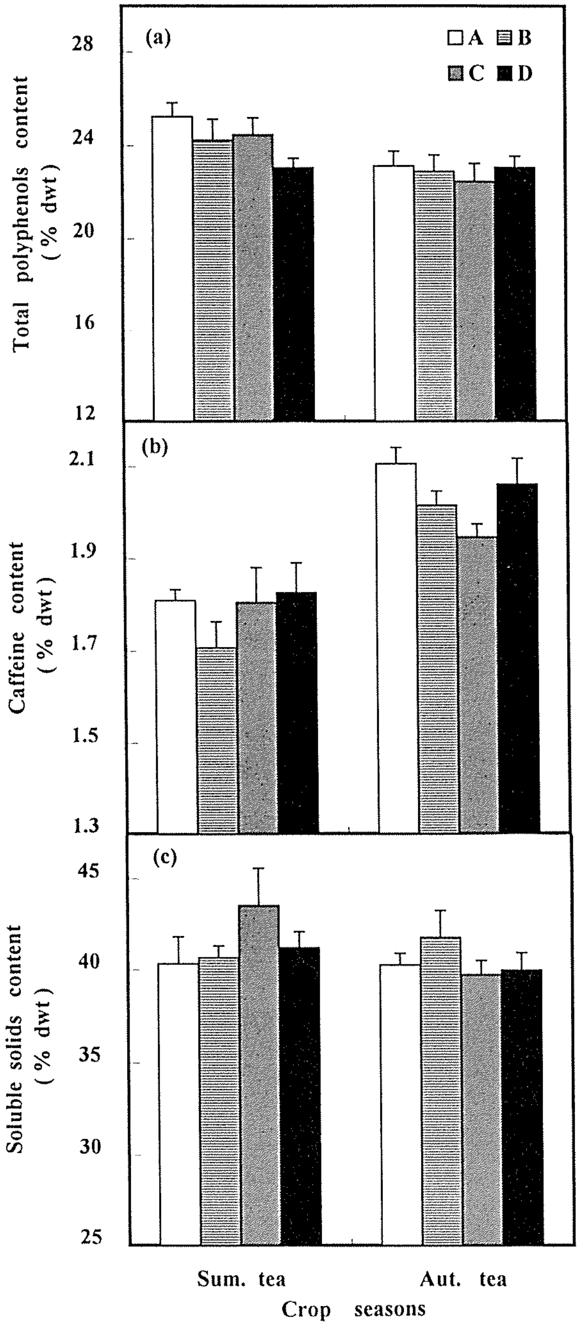

Fig. 3. Effects of intercropping with *Sesbania roxburghii* Merr. on the total polyphenols, caffeine and soluble solids content of tea shoots in ching-shing Oolong Cultivars. A(□): Ck. B(▤): *S. roxburghii* 100cm C(▨): *S. roxburghii* 150cm D(■): *S. roxburghii* 200cm. Data are means ± SE of 4 replicates.

茶茶湯中可溶分含量發現(圖 3c)，在夏茶田菁不同高度處理區之可溶分含量有增加情形，尤其是在田菁 150 公分處理表現最爲明顯，而在秋茶則以田菁 100 公分之可溶分含量有增加情形，至於 150 公分或 200 公分則無此現象。

3.茶園間植田菁對製茶品質之影響

在茶園間植田菁會影響茶園微氣象變化及茶樹芽葉化學成分(圖 1、2、3)，而其是否會影響製茶品質則有待進一步研究。因此在於夏、秋兩季分別採摘芽葉製造成包種茶並進行茶葉品質官能鑑定，以進一步瞭解在茶園中間植田菁對製茶品質之影響，各處理區之製茶品質官能鑑定情形如表 1 所示。本試驗製成茶之做法，係採包種茶製造方式，在外觀形狀屬於半球形，雖在田間觀察發現隨著田菁高度之增加葉片呈較柔軟且呈鮮綠，此外芽長亦有較長現象，理應有利改善製茶外觀，但就各茶季之形狀及色澤評分，各處理區並無明顯之差異，是否在製茶過程中揉捻所造成誤差，則有待進一步探討；在茶湯水色方面，除了秋茶之田菁 150 公分處理區水色成績有較佳外，其餘則差異不大；至於香氣滋味方面，由於氨基酸含量增加及總多元酚類含量下降(圖 2b、3a)，故在夏茶田菁三種不同高度處理與對照區比較，苦澀味則有減少情形，而甘醇潤喉滋味及香氣皆有改善現象；秋茶之香氣滋味，則以田菁高度在 150 公分及200 公分較佳；茶葉官能鑑定總分係由各評定項目之總計，較具複雜性，雖然在秋茶評分方面在不同處理區表現不一致，但是在夏茶之總評分方面於茶園中間植田菁綠肥以後，有改善之趨勢。

Table 1. Effects of intercropping with *Sesbania roxburghii* Merr. on the quality of Ching-shing Oolong Clutivars.

Crop season	Treatment	Appearance	Colour	Color of liquid	Aroma and taste	Total scores
Summer tea	A	7. 18 (1)*	7. 25 (1)	13. 93 (1)	39. 25 (4)	67. 61 (3)
	B	7. 10 (2)	7. 03 (3)	13. 69 (4)	40. 04 (1)	67. 86 (1)
	C	7. 05 (3)	6. 94 (4)	13. 73 (3)	39. 73 (2)	67. 45 (4)
	D	7. 18 (1)	7. 20 (2)	13. 89 (2)	39. 39 (3)	67. 66 (2)
Autumn tea	A	7. 93 (2)	7. 82 (2)	14. 55 (2)	37. 88 (3)	68. 18 (1)
	B	8. 00 (1)	7. 83 (1)	13. 93 (3)	37. 17 (4)	66. 93 (3)
	C	7. 72 (3)	7. 43 (4)	14. 78 (1)	38. 17 (1)	68. 10 (2)
	D	7. 53 (4)	7. 47 (3)	13. 70 (4)	38. 00 (2)	66. 70 (4)

* Data are expressed as means of three evaluative valves, the order of evaluations in parentheses.
A: CK, B: *S. roxburghii* 100 cm, C: *S. roxburghii* 150 cm, D: *S. roxburghii* 200 cm.

誌　　謝

本文承農委會(85科技-1.11-糧-29(1))經費補助，試驗期間復承徐森雄、翁仁憲教授指導，及本站梁玉珠、陳玉枝小姐協助試驗調查及分析工作，謹此誌謝。

引用文獻

吳振鐸 1957 茶園綠肥試驗。科學農業 5:484-496。

吳振鐸 1973 從茶湯之化學成份談臺灣茶業品質之改進問題。臺灣農業季刊9(1):194-198。

巫嘉昌 1995 鹿谷茶園間植綠肥作物對茶葉生育與品質之影響。國立灣大學碩士論文，臺北，臺灣。

巫嘉昌、朱 鈞 1995 茶園間植綠肥作物對茶葉化學成分與品質之影響。中華生質能源學會誌 14:118-128。

巫嘉昌 1996 茶園綠肥之栽培與管理。臺灣農業(刊印中)。

巫嘉昌、朱 鈞 1996a 茶園間植綠肥作物對微氣象及夏茶品質之影響。中華農學會報(刊印中)。

巫嘉昌、朱 鈞 1996b 茶園間植綠肥作物對土壤物理性質及化學成分之影響。中華農藝(刊印中)。

巫嘉昌、朱 鈞 1996c 茶園間植綠肥作物對茶樹生育與產量之影響。茶業研究彙報(刊印中)。

林木連、巫嘉昌 1993 茶園綠肥作物適應性及栽培改進試驗。土壤肥料試驗研討會專輯 pp.229-235。

林心炯、郭專、周慶惠、張文錦 1991 施肥對烏龍茶產量品質的影響。茶葉科學 11:109-116。

陶漢之 1991 茶樹光合變化的研究。作物學報 17(6):444-452。

陳英鈴 1985 遮蓋對茶葉化學成份之影響。臺灣茶業研究彙報 4:81-88。

夏賢明、劉寶生、丁宇 1988 用近紅外分析法測定綠茶的總氮量。茶葉科學8(1):55-59。

蔡右任、阮逸明 1987 茶葉中咖啡因快速簡便測定法之研究。臺灣茶業研究彙報 6:1-8。

嚴俊、王秀麗 1993 中國名茶可溶性總糖的含量研究。茶葉通報 3:36-39。

馮鑑淮、徐英祥 1987 遮蔭度對茶芽特性及產量對包種茶品質之研究。臺灣茶業研究彙報 6:15-20。

Anan, T. and M. Nakagawa. 1974. Effect of light on chemical constituents in tea leaves. Nippon Nogei Kagaku Kaishi 48: 91-96. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 21:1-15.

Fitter, A. H. and R. K. H. Hay. 1987. Environmental Physiology of Plants. Academic Press. Orlando ,USA.

Grill, M. J. E. 1992. Speciality and herbal teas. In: Willson, K. C. and Clifford, M. N. Ed. Tea Chapman and Hall, New York.

Iwasa, K. 1975. Methods of chemical analysis of green tea. Jap. Agric. Res. Quart. 9: 161-164.

Liebhardt, W. and R. Harwood. 1985. Organic farming. In: Technology, Public Policy, and the changing structure of American Agriculture. Vol. 11 Background Papers, No.21, Office of Technology Assessment, Congress of the United States.

Moore, S. and W. H. Stein. 1948. Photometric ninhydrin method for use the chromato graphy of amino acid. J. Biol. Chem. 176: 376-388.

Nakagawa, M. and N. Ishima. 1971. Evaluation of green tea liquors. Statistical analysis. Study of tea 41:41-44.

Nakagawa, M. and N. Ishima. 1974. The relation of chemical content of green tea liquors with their taste. Study of tea 46: 41-47.

Othiambo, H. O., P. O. Owuor, and C. O. Othieno. 1988. Factors affecting tea quality. Field variables- A review. Tea 9(1): 36-40.

Sakai, S. 1987.Studies on photosynthesis and dry matter production of tea plants.Bull. of the Nat. Res. Inst. of Tea. Kanaga Shizuoka, Japan.

Smith, B. G., W. Stephens, P. J. Burgess and M. K. V. Carr. 1993. Effects of light, temperature, irrigation and fertilizer on photosynthesis rate in tea (*Camellia sinensis* L.). Expl. Agric. 29:291-306.

Squire, G. R. 1977. Seasonal changes in the photosynthesis of tea(*Camellia sinensis* L.). J. Appl. Ecol. 14:303-306.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Plant physiology. Benjamin Co.NewYork, USA.

Tao, H. A. and X. G. Wang. 1989. Relationship etween photosynthesis and light quality in *Camellia sinensis.* L. Plant physiol. Comun. 1:19-23.

Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cick and K. A. Gomez. 1972. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice, 3rd. edn. IRRI, Loss Banos, Philippines.